

폐소형가전 재활용을 위한 해체·파쇄·선별 공정의 환경영향 분석

박은규 · 박기학 · *최우진 · 김수경*

수원대학교 폐기물자원화기술연구소, *한국지질자원연구원

Environmental Impact Assessment on Dismantling · Crushing · Sorting Process for Recycling of Used Small Household Appliances

Eun Kyu Park, Ki Hak Park, *Woo Zin Choi and Soo Kyung Kim*

Waste Recycling Institute, The University of Suwon, 17 Wauan-gil, Bongdam-eup, Hwasung-si, Gyeonggi, Korea
*Urban Mine Department, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, 124 Gwahak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea

요 약

본 연구에서는 폐소형가전 재활용을 위한 파쇄, 선별 및 회수 공정에 대해 전과정평가(Life Cycle Assessment, LCA) 기법을 활용하여 환경영향을 분석하였다. 폐소형가전 파쇄, 선별 및 회수 공정의 지구온난화(Global Warming Potential, GWP)에 대한 환경영향은 1.29E+02kg CO₂-eq./kg으로 분석되었으며, 가중치 결과 1.17E-02Pt로 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향의 경우 전체 환경영향의 약 57.1%, 자원고갈(ADP) 약 35.4%, 광화학산화물 형성(POCP) 약 4.8% 등이었다. 유용자원 1톤을 선별/회수하는 공정의 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향은 플라스틱류 즉, ABS 33.7%, PP와 HIPS가 각각 약 16.8%, 철금속류 약 9.4% 등으로 플라스틱류의 선별/회수공정의 경우 지구온난화에 대한 환경영향이 가장 큰 것으로 분석되었다. 또한, 유용자원을 회수하여 재활용함으로써 신재 생산보다 지구온난화(GWP) 환경영향에 대하여 약 2.73E+04ton CO₂-eq./ton의 환경회피 효과가 발생하였으며, 이는 연간 약 48,236.4천원의 경제적 효과가 발생하는 것으로 조사되었다. 폐소형가전으로부터 유용자원을 효율적으로 재활용할 경우 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향을 줄여 기후변화 대응에 효과적인 것으로 사료된다.

주제어 : 폐소형가전, 전과정평가, 환경영향, 플라스틱, 재활용

Abstract

This study aims at evaluating environmental impacts on recycling process of used small household appliances. The recycling process mainly consists of manual dismantling, crushing and various sorting processes to effectively recover valuable resources and to minimize environmental impact. In this study, life-cycle assessment (LCA) methodology is applied to analyze major environmental parameters such as GWP, ADP, POCP, EP, etc. One of the major impact categories on the weight basis in the recycling process is global warming (GWP) 57.1%, next to ADP 35.4% and POCP 4.8%, respectively. As a result of environmental impact on recovery of valuable resources/ton, the GWP of plastics for ABS is highest (33.7%) compared to ferrous metals (9.4%). The effects of environmental and economical benefit are also analyzed to compare with the amount of virgin materials to be recycled by recycled materials. In addition, recycled materials are also more economical in comparison to virgin materials due to the envi-

· Received : March 4, 2016 · 1st Revised : March 30, 2016 · 2nd Revised : April 5, 2016 · Accepted : April 14, 2016

*Corresponding Author : Woo Zin Choi (E-mail : wzchoi@suwon.ac.kr)

Department of Environmental and Energy Engineering, Waste Recycling Institute, The University of Suwon, 17 Wauan-gil, Bongdam-eup, Hwasung-si, Gyeonggi-do, 18323 Korea

©The Korean Institute of Resources Recycling. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ronmental avoiding effect by recycling. In conclusion, the key environmental issues related to the recycling of e-wastes are analyzed and therefore, the effective recycling process will contribute to mitigate global warming potential in the near future.

Key words : small e-waste, recycling, LCA, environmental impact

1. 서 론

최근 세계 경기불황으로 인하여 원자재 가격이 상승하고 국제 환경규제의 강화 등으로 인하여 일시적으로 일부 금속류 등의 수급 불균형을 초래하면서, 순환자원의 재활용에 대한 관심이 높아지고 경제적 가치가 부각되고 있다. 일상생활의 편리성 증대와 밀접한 관계를 가지는 전자제품은 많은 양의 유용자원을 포함하고 있으며, 전자제품 제조 기술 등의 발달로 대량생산과 대량소비가 이루어지면서 폐전자제품의 발생량이 지속적으로 증가하고 있어서 최종 처리 측면에서 다양한 환경문제를 야기 시키고 있다.

EU 등 선진국의 경우 폐가전제품에 대한 다양한 재활용 정책을 확대 실시하므로써 환경에 대한 지속성의 확보는 물론, 일차리 창출, 귀금속 및 희유금속(Precious or rare metals) 등 자원 확보를 위한 노력을 지속적으로 추진해오고 있다¹⁾.

이에 정부는 폐전기·전자제품의 재활용 활성화를 위하여 생산자책임재활용제도(Extended Producer Responsibility, EPR)를 도입하여 시행하고 있으며, 2014년도에는 폐소형가전을 포함한 EPR 대상품목을 확대 지정하였다²⁾. 소형가전의 경우 현재 다양한 품목이 가정에 보급되어 사용되고 있어 향후 폐기되는 양이 크게 증가할 것으로 예상되며, 폐가전제품에 대한 무상방문 수거서비스를 대형가전에서 중소형가전으로 확대 실시하므로써 재활용 대상 폐가전제품의 발생량은 향후 대폭 늘어날 것으로 예측되고 있다³⁾.

국내에서 발생하는 대형가전제품의 경우 전국 8개 재활용센터(Recycling Center, RC)에서 재활용이 비교적 체계적으로 수행되고 있으나, 폐소형가전의 경우는 중소기업에서 인력에 의존하여 일부 유용자원을 회수하고 있다. 특히, 플라스틱류의 경우는 대형가전제품에 비해 함량이 매우 높을 뿐만 아니라 검정색 플라스틱류의 비율이 상대적으로 높아 재질선별이 제대로 이루어지지 않아 혼합물의 형태로 저가에 매각되고 있는 실정이다^{2,3)}.

폐소형가전으로부터 발생하는 플라스틱의 효율적인 재활용을 위한 고효율의 파쇄기술 및 선별공정의 개발이 시급하다. 또한, 소형폐가전은 기기의 종류 및 품목

에 따라 내부 구성 물질 및 사용하는 플라스틱의 재질이 다양하여 해체 및 선별에 특정 기술의 적용이 어려운 실정이다. 현재 민간 재활용 업체의 폐소형가전 재활용 공정은 경제성이 낮을 뿐만 아니라 일부 플라스틱류 및 비철금속의 추가선별 회수는 물론 유해성분이 함유된 부품/재질의 사전제거를 위한 선별공정의 개발이 시급한 실정이다⁴⁾. 현재 폐소형가전의 효율적 재활용을 위한 해체기술, 파쇄기술 및 선별기술의 연구개발이 진행되고 있으며, 개발된 일부 기술의 경우에는 현장적용 연구를 수행 중에 있다^{5,6)}.

전과정평가(LCA) 기법은 환경부하에 대한 평가를 상품의 생산 뿐만 아니라 상품을 생산하는 일련의 전 주기에 대한 환경영향을 고려할 수 있다는 장점이 있으며, 주관성이 개입될 수 있는 부분이 다른 평가기술과 비교하여 비교적 적어 보다 객관적인 평가를 내릴 수 있는 장점이 있다⁷⁾. 최근 여러 전문가들에 의해 환경예측 모델을 생산 공정 설계시 적용하여 상품의 생산으로 인하여 발생하는 환경영향을 최소화하려는 노력을 꾸준히 하고 있으며, 친환경 제품 개발 및 설계, 건축분야 이외의 다양한 생산 공정 분야에 적용되고 있다⁸⁾. 최근에는 대규모 택지개발 등의 토목분야, 소각장 위치 선정, 탄소성적표지, 저탄소제품인증, 기후변화분야 환경예측 및 이산화탄소 포집·저장기술(Carbon Capture and Storage, CCS) 등에 이용되고 있으나, 전과정평가(LCA) 기법을 활용하여 재활용 공정에 대한 환경영향평가를 수행한 사례는 거의 없다.

본 연구에서는 폐소형가전의 효율적인 재활용을 위해 해체, 파쇄 및 선별공정이 구축된 민간재활용 업체의 회수/선별 공정에 대해 전과정평가(LCA) 기법을 활용하여 환경영향 분석을 수행하였다. 또한, 폐소형가전으로부터 유용자원을 선별/회수하여 재활용할 경우의 환경영향과 신재 생산에 대한 환경영향을 지구온난화(Global Warming Potential, GWP)의 영향범주로 비교 분석하였으며, 대상공정에 대한 경제적 효과 등을 검토하였다.

2. 연구 방법

본 연구의 대상공정은 가정 및 사무실 등에서 사용 중

료 후 민간재활용업체에 반입되어, 전원용 전선류 등을 일부 제거하고 해체된 폐소형가전의 파쇄, 선별 및 회수하는 공정이다. 따라서, 폐소형가전을 파쇄하여 고무, 철금속류, 구리, 알루미늄, 전선류 및 플라스틱류 등을 선별 회수하는 공정에 대한 환경영향을 정량화하였다.

Fig. 1에는 폐소형가전의 파쇄, 선별 및 회수 공정을 제시하였으며, 본 공정을 통하여 고무, 철금속류, 전선류, 구리, 알루미늄 및 플라스틱류 등이 선별 회수된다. 본 공정은 크기가 작은 모터류, 콘덴서류, 코일류 및 고무 등의 부품들을 파쇄공정 전에 사전 분리가 어렵기 때문에 폐소형가전을 통째로 파쇄하고 있다. 특히, 1차 파쇄기는 1일 처리용량이 약 5톤으로 폐소형가전 중 파쇄하지 말아야 할 부품(예 ; 콘덴서, 코일, 고무 등)을 후단의 수선 및 일부 해체공정에서 용이하게 분리 선별할 수 있도록 파쇄가 가능하다. 1차 파쇄 후 수선 및 일부 해체작업으로 트랜스, 소형모터, 고무, 철 및 비철류 등을 일부 회수한 후 자력선별기를 통하여 철금속류를 회수한다. 철금속류가 제거된 파쇄물은 2차 파쇄공정을 거친 후 입도선별기에서 전선류를 제거하고, 후단의 와전류 선별기를 통하여 비철과 플라스틱류로 분류된다. 분류된 플라스틱류는 1일 약 4톤 용량의 근적외

선 분광법(NIR 선별기)에 투입되며, 약 1m/sec의 고속 컨베이어 벨트로 이동하면서 컨베이어 벨트 중간에 설치되어 있는 선별장치에 의하여 PP, ABS, HIPS 등으로 선별/회수된다.

Table 1에는 폐소형가전의 파쇄, 선별 및 회수 공정의 물질수지를 제시하였으며, 본 공정의 처리용량은 약 5톤/일이다. 폐소형가전 5톤 투입시 회수되는 유용자원으로는 철금속류 약 1,450 kg, 구리 약 445 kg, 알루미늄 약 445 kg, 고무 약 40 kg, 전선류 약 277 kg 등이며, 근적외선 분광법(NIR 선별기)으로 회수되는 플라스틱류는 각각 ABS, PP, HIPS 및 플라스틱 혼합물(mixture)로서 총 약 2,240 kg이 회수되었다.

본 연구의 경우 폐소형가전의 파쇄, 선별 및 회수 공정에 대한 환경영향을 평가하기 위하여 환경부의 전과정평가(LCA) 방법 및 결과를 산출할 수 있는 환경성적표지 전용 소프트웨어(Tool for Type III Labelling and LCA, TOTAL) 프로그램을 활용하였다⁹⁾. 폐소형가전의 파쇄, 선별 및 회수 등 각각 공정에 대한 환경영향을 분석하였으며, 유용자원의 선별/회수 공정에 대한 환경영향을 자원고갈(abiotic resource depletion potential, ADP), 지구온난화(global warming potential, GWP),

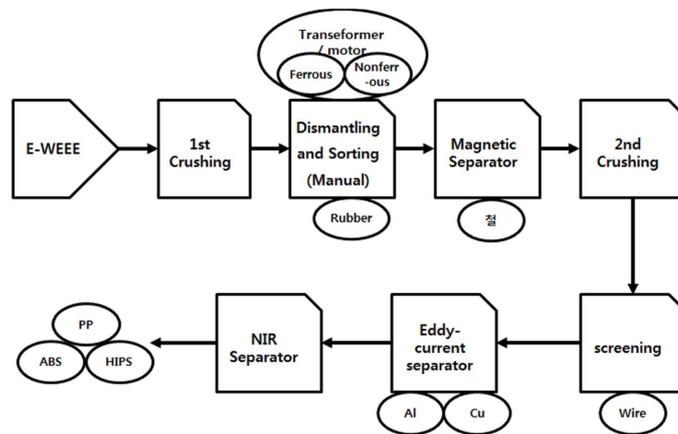


Fig. 1. Flowsheet of crushing, dismantling and sorting processes for used small household appliances.

Table 1. Material balance of recycling process of used small household appliances

	Ferrous	Cu	Al	Rubber	Wire	Plastics					Residue	Total
						ABS	PP	HIPS	Mix.	Subtotal		
Amount (kg/day)	1,450	445	445	40	277	1,064	532	532	112	2,240	103	5,000
Ratio(%)	29.0	8.9	8.9	0.8	5.5	21.3	10.6	10.6	2.2	44.8	2.1	100

Table 2. Result of the environmental impact for recycling process

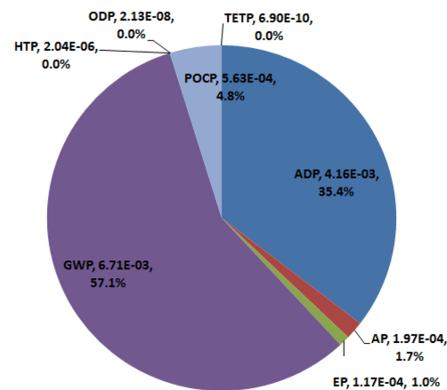
Impact category	Unit	Environmental impact
ADP	l/yr	4.49E-01
AP	kg SO ₂ -eq./kg	2.18E-01
EP	kg PO ₄ ³⁻ -eq./kg	4.05E-02
GWP	kg CO ₂ -eq./kg	1.29E+02
HTP	kg 1,4 DCB eq./kg	2.88E-02
ODP	kg CFC 11-eq./kg	2.97E-09
POCP	kg ethylene eq./kg	8.92E-02
TETP	kg 1,4 DCB eq./kg	5.20E-09

오존층 파괴(ozone layer depletion potential, ODP), 산성화(acidification potential, AP), 부영양화(eutrophication potential, EP), 광화학산화물 형성(photochemical oxidant creation potential, POCP), 인간독성(human toxicity potential, HTP), 생태독성(eco toxicity potential, ETP) 등 모두 8개의 영향범주별로 정량화 하였다¹⁰⁾. 또한, 유용자원을 선별/회수하여 재활용할 경우와 신재를 생산할 경우의 환경영향을 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향 범주로 비교하였으며, 재활용으로 인한 환경회피 효과 및 경제적 효과를 분석하였다.

3. 연구결과

Table 2에는 1일 약 5톤의 폐소형가전을 투입하여 파쇄, 선별 및 회수하는 공정에 대한 환경영향을 각각의 영향범주별로 분석하여 결과를 제시하였다. 환경영향 분석 결과 지구온난화(GWP)는 약 1.29E+02kg CO₂-eq./kg 으로 분석되었으며, 산성화(AP)는 2.18E-01kg SO₂-eq./kg, 자원고갈(ADP)은 4.49E-01/yr 등의 환경영향이 발생하는 것으로 조사되었다.

Fig. 2에는 각 공정별 환경영향의 가중치 결과^{가)} 1.17E-02Pt를 이용하여 전체 환경영향범주의 상대적 크기를 비교하여 제시하였다. 본 공정에 미치는 환경영향은 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향이 6.71E-03Pt로 전체 환경영향의 약 57.1%를 차지하였고, 자원고갈

**Fig. 2.** Result of comparison for environmental impact categories.

(ADP)이 4.16E-03Pt로 약 35.4%, 광화학산화물 형성(POCP)이 5.63E-04Pt로 약 4.8% 등의 순으로 분석되었다. 반면에 생태독성(TETP)은 6.90E-10Pt, 오존층 파괴(ODP)는 2.13E-08Pt 및 인간독성(HTP) 2.04E-06Pt로 제시되어 환경영향이 미미한 것으로 조사되었다. 폐소형가전으로부터 유용자원을 선별/회수하여 재활용할 경우 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향, 자원고갈(ADP) 및 광화학산화물 형성(POCP) 등의 환경영향의 감소로 지구환경 보전에 큰 도움이 될 것으로 사료된다.

Fig. 3에는 폐소형가전 5톤을 투입하여 파쇄, 선별 및 회수하는 공정에서 유용자원의 선별/회수에 대한 환경영향 분석 결과를 그래프로 나타내었다. 철금속류의 경우에는 지구온난화(GWP)의 영향은 1.21E+01kg CO₂-eq./kg, 자원고갈(ADP)은 4.20E-021/yr, 산성화(AP) 영향은 2.04E-02g SO₂-eq./kg 등으로 분석되었다. 플라스틱의 경우 ABS는 지구온난화(GWP)의 영향 4.34E+01kg CO₂-eq./kg, 자원고갈(ADP)은 1.51E-011/yr, 산성화(AP) 영향은 7.33E-02g SO₂-eq./kg 등으로 분석되었다. PP의 경우 지구온난화(GWP)의 영향 2.17E+01kg CO₂-eq./kg, 자원고갈(ADP) 7.55E-021/yr, 산성화(AP) 3.67E-02g SO₂-eq./kg 등으로 각각 분석되었으며, HIPS의 환경영향도 PP와 동일한 결과로 나타났다. 구리의 경우 지구온난화(GWP) 8.70E+00kg CO₂-eq./kg, 자원고갈(ADP) 3.03E-021/yr, 산성화(AP) 1.47E-02g SO₂-eq./kg

가)가중치 결과 - 분석 값에 대한 가중치 부여(Weighting)는 선택적인 방법으로 각각의 영향범주들이 환경전반에 미치는 영향을 고려하여 영향범주간의 상대적 중요도를 사회적, 도덕적, 과학적인 기준을 중심으로 해석하는 정량적/정성적 방법이다. - 가중치 부여 방법은 Red flag와 Matrix방법과 같은 정성적인 방법과 Delphi method와 EPS, Distance-to-Target과 같은 정량적인 방법이 있다. 계산된 범주별 가중치는 각 범주별 영향점수를 곱함으로써 단일 점수화(무차원)되어 제품이나 서비스 사이의 비교가 가능하다. - 계산 : 가중치 부여 값, Pt = ∑ 영향점수 값 x 영향범주별 가중치 - 단위 : Pt(무차원), 환경영향의 상대적 크기를 나타내는 것임.

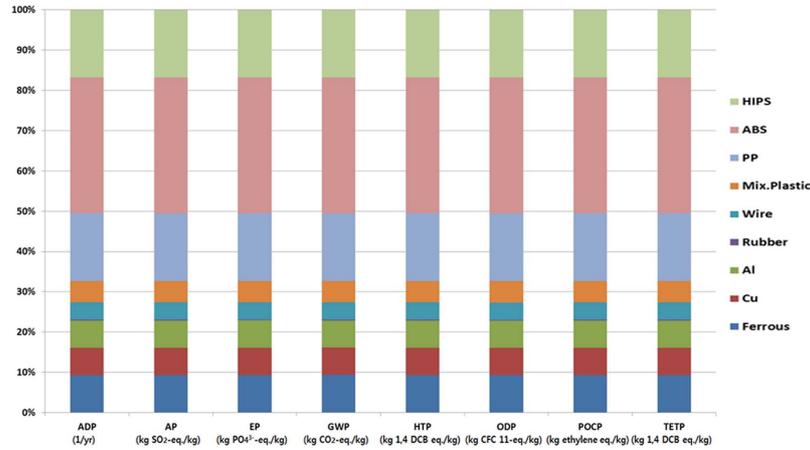


Fig. 3. The impact on the environmental sorting and recovery process.

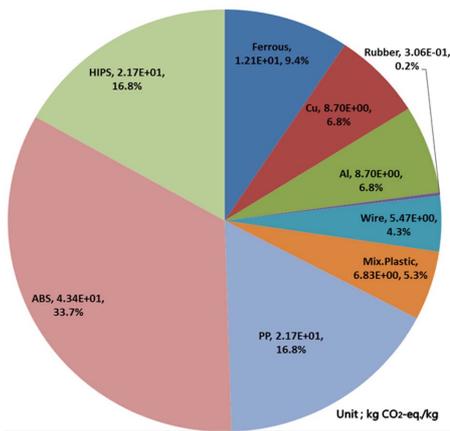


Fig. 4. Result of global warming (GWP) for recycling process.

등으로 각각 분석되었으며, 비철금속류 중 알루미늄의 환경영향도 구리와 동일한 결과로 분석되었다.

Fig. 4에는 폐소형가전 파쇄, 선별 및 회수 공정에서 유용자원의 선별/회수 공정에 대하여 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향을 비교 분석하여 결과를 제시하였다. 본 공정에서 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향은 ABS의 선별/회수가 4.34E+01kg CO₂-eq./kg로 가장 높게 나타났으며, 전체 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향 중 약 33.7% 차지하는 것으로 분석되었다. 다음으로 PP와 HIPS가 각각 약 16.8%로 2.17E+01kg CO₂-eq./kg이었으며, 철금속류가 약 9.4%로 2.21E+01kg CO₂-eq./kg, 구리와 알루미늄 각각 약 6.8%로 8.70E+00kg CO₂-eq./kg, 혼합플라스틱이 약 5.3% 6.83E+00kg

CO₂-eq./kg, 전선류가 약 4.3% 5.47E+00kg CO₂-eq./kg 순으로 분석되었다.

Table 3에는 폐소형가전을 파쇄하여 철금속류, 구리, 알루미늄, 고무, 전선류, PP, ABS 및 HIPS 등의 유용자원을 각각 1톤 회수하여 재활용할 경우의 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향과 신재를 생산할 경우의 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향을 분석하여 제시하였다. 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향을 분석한 결과 본 공정에서 각각의 유용자원을 선별/회수할 경우 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향은 2.29E+02ton CO₂-eq./ton으로 나타났으며, 각각의 신재를 생산할 경우 지구온난화에 대한 환경영향은 2.76E+04ton CO₂-eq./ton으로 분석되었다. 또한, 유용자원을 선별/회수하여 재활용하는 것이 신재의 생산보다 두 경우 모두 지구온난화(GWP)에 대하여 2.73E+04ton CO₂-eq./ton의 환경회피 효과가 발생하는 것으로 분석되었으며, 전선류가 5.41E+03ton CO₂-eq./ton으로 환경회피 효과가 가장 큰 것으로 나타났다. 그 다음으로 구리 4.55E+03ton CO₂-eq./ton, 고무 4.49E+03ton CO₂-eq./ton, ABS 2.93E+03ton CO₂-eq./ton, 알루미늄 2.37E+03ton CO₂-eq./ton 등의 순으로 나타났다.

Table 4에는 폐소형가전을 파쇄, 선별 및 회수하는 공정의 환경회피 효과를 국내에서 거래되고 있는 탄소상쇄기금(Carbon offset funds, 즉 탄소배출량을 제로화하기 위해 기금을 확립한 것)을 이용하여 경제적 효과를 분석하여 제시하였다. 본 공정에서 1일 5톤의 폐소형가전을 선별/회수하여 재활용함으로써 얻어지는 환경이득은 철금속류가 3.38E+03kg CO₂-eq./kg으로 가장

Table 3. Result of environmental impact compared valuable recycling and virgin resin production (Unit : ton CO₂-eq./ton)

	Recycling (a)	Virgin production (b)	Avoidance effect (b-a)
Ferrous	8.31E+00	2.34E+03	2.33E+03
Cu	1.96E+01	4.57E+03	4.55E+03
Al	1.96E+01	2.39E+03	2.37E+03
Rubber	7.64E+00	4.50E+03	4.49E+03
Wire	1.98E+01	5.43E+03	5.41E+03
Plastic mixture	3.18E+01	2.08E+03	2.05E+03
PP	4.08E+01	1.47E+03	1.43E+03
ABS	4.08E+01	2.97E+03	2.93E+03
HIPS	4.08E+01	1.81E+03	1.77E+03
Total	2.29E+02	2.76E+04	2.73E+04

Table 4. Result of benefit analysis for recycling process

	Recovery (kg/day)	Recovery (ton/year)	Environmental benefits ¹⁾ (kg CO ₂ -eq./kg)	Economic effect(thousand won)		
				Day ²⁾	Month	Year
Ferrous	1,450	435	3.38E+03	40.6	1,014.3	12,171.6
Cu	445	134	2.03E+03	24.3	607.5	7,290.0
Al	445	134	1.06E+03	12.7	316.5	3,798.0
Rubber	40	12	1.80E+02	2.2	54.0	648.0
Wire	277	83	1.50E+03	18.0	449.7	5,396.4
Mix. Plastic	215	65	4.41E+02	5.3	132.3	1,587.6
PP	532	160	7.60E+02	9.1	228.0	2,736.0
ABS	1,064	319	3.12E+03	37.4	935.1	11,221.2
HIPS	532	160	9.41E+02	11.3	282.3	3,387.6
Total	5,000	1,500	1.34E+04	160.8	4,019.7	48,236.4

*1) 5,000 kg의 폐소형가전을 선별 및 회수하여 발생하는 경제적 편익

2) 25일 가동 기준

켰으며, ABS 3.12E+03kg CO₂-eq./kg, 구리 2.03E+03kg CO₂-eq./kg, 전선류 1.50E+03kg CO₂-eq./kg 등으로 총 1.34E+04kg CO₂-eq./kg으로 분석되었다. 1일 5톤의 폐소형가전을 선별/회수로 발생하는 환경이득을 국내에서 거래되고 있는 탄소상쇄기금으로 환산할 경우 약 16만 원/일의 경제적 효과가 발생하는 것으로 분석되었으며, 연간 약 1,500톤의 유용자원을 회수하여 재활용 할 경우에는 신재의 생산보다 약 4,800만원의 경제적 효과가 발생하는 것으로 조사되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 폐소형가전의 파쇄, 선별 및 회수 공정에 대해 전과정평가(LCA) 기법을 활용하여 환경영향을 분석하였으며, 유용자원을 선별/회수하여 재활용할 경우와 신재를 생산할 경우의 환경영향을 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향범주로 비교하였다. 또한, 유용자원의 재활용으로 인한 환경회피 효과와 경제적 효과를 분석하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 폐소형가전 5톤을 파쇄, 선별 및 회수하는 공정에 대한 환경영향 분석결과, 지구온난화(GWP)에 대한 환

경영향 1.29E+02kg CO₂-eq./kg, 산성화(AP) 2.18E-01kg SO₂-eq./kg, 자원고갈(ADP) 4.49E-011/yr 등의 환경영향이 발생하는 것으로 분석되었다.

2. 각 공정별 환경영향 가중치 결과 1.17E-02Pt로 분석되었으며, 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향이 6.71E-03Pt로 전체 환경영향의 약 57.1%로 나타났다. 자원고갈(ADP) 4.16E-03Pt로 약 35.4%, 광화학산화물 형성(POCP) 5.63E-04Pt 약 4.8% 등으로 각각 분석되었다.

3. 유용자원 각각 1톤을 선별/회수하는 공정의 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향은 ABS의 선별/회수 공정이 4.34E+01kg CO₂-eq./kg으로 전체 지구온난화(GWP) 영향 중 약 33.7%로 가장 높은 것으로 분석되었으며, PP와 HIPS가 각각 약 16.8% 2.17E+01kg CO₂-eq./kg, 철금속류 약 9.4% 2.21E+01kg CO₂-eq./kg, 구리와 알루미늄 각각 약 6.8% 8.70E+00kg CO₂-eq./kg 등으로 분석되었다.

4. 폐소형가전으로부터 유용자원을 선별/회수하여 재활용할 경우의 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향은 2.29E+02ton CO₂-eq./ton으로 분석되었으며, 신재를 생산할 경우의 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향은 2.76E+04ton CO₂-eq./ton로 분석되었다. 유용자원을 선별/회수하여 재활용하는 것이 신재의 생산보다 모두 지구온난화(GWP) 환경영향에 대하여 약 2.73E+04ton CO₂-eq./ton의 환경회피(환경이득) 효과가 발생하는 것으로 분석되었다.

5. 폐소형가전 5톤을 파쇄, 선별 및 회수하는 공정에서 유용자원의 회수 및 재활용으로 인한 환경회피 효과는 1.34E+04kg CO₂-eq./kg으로 국내에서 거래되고 있는 탄소상쇄기금으로 환산할 경우 약 16만원/일의 경제적 효과가 발생하는 것으로 분석되었으며, 본 공정에서 연간 약 1,500톤의 유용자원을 회수하여 재활용할 경우에는 신재의 생산보다 약 4,800만원의 경제적 효과가 발생하는 것으로 나타났다.

6. 폐소형가전의 파쇄공정에서 발생하는 유용자원을 선별/회수하여 재활용할 경우 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향을 줄여 기후변화 대응뿐만 아니라 자원고갈 및 광화학산화물 형성 등의 환경영향을 줄여 지구환경 보전에 크게 기여할 것으로 사료된다.

감사의 글

This study was supported by the R&D Center for Valuable Recycling(Global-Top Environment Technology Development Program) funded by the Ministry of Environment(Project No : GT-12-C-01-330-0)

References

1. Buenkens, A. and Yang, J. 2014 : *Recycling of WEEE plastics : a review*, J. Mate Cycles Waste Manag, 16, pp 415-434.
2. Korea Environment Institute 2010 : *System technical support measures for promoting recycling scrap metal resources*, pp 24-25.
3. Kim J. J. 2014 : *A Study on the recycling optimization through material flow analysis of household electric appliances*, pp 9-11.
4. Choi, W. Z. et. al. 2015 : *Status and Prospects of Plastics Recycling of Used Small Household Appliances*, The 13th International Symposium on East Asian Resources Recycling Technology, Proceeding, pp 592-596, 1-4. November 2015, Dusit Thani Pattaya, THAILAND,
5. Ministry of Environment 2015 : *Waste Electrical & Electronic Product*, www.me.go.kr
6. Choi, W. Z. et. al. 2016 : *A Study on Physical Characteristics and Plastics Recycling of Used Small Household Appliances*, J. of Korea Inst. of Resources Recycling, 25(1), pp 22-38.
7. UNEP, 1996 : *Life Cycle Assessment-What it is and How to do it*, UNEP, Paris, France, pp 7-8.
8. Chon, H. S. et. al. 2011 : *Life Cycle Assessment for Design of Environmental Benefit*, Engineering & construction technology, 22(1) pp 48-58.
9. Kim, H. J. et. al. 2014 : *Environmental Impact Evaluation for Glass Bottle Recycle using Life Cycle Assessment*, Journal of Environmental Science International, 23(6), pp 1067-1074.
10. Lee, M. J. et. al. 2010 : *Evaluation of the Food Waste Recovery Systems Using Life Cycle Cost Analysis*, J. of KSWM, 27(7), pp 600-609.



박 은 규

- 2010년 수원대학교 환경공학과 박사
- (주)이오니아이엔티 연구소장
- 현재 수원대학교 환경에너지공학과 연구교수



박 기 학

- 수원대학교 환경공학과 석사
- 수원대학교 환경공학과 박사수료
- (주)제이피파트너스 이사
- 현재 (주)에코피엔지 대표이사



최 우 진

- 현재 수원대학교 환경에너지공학과 교수
- 현재 수원대학교 부설 폐기물자원화 기술연구소 소장
- 당 학회지 제9권 1호 참조

김 수 경

- 한국지질자원연구원 책임연구원
- 당 학회지 제19권 4호 참조

學會誌 投稿 安內

種 類	內 容
論 說	提案, 意見, 批判, 時評
展望, 解説	現況과 將來의 견해, 研究 技術의 綜合解説, Review
技 術 報 告	實際的인 試驗, 調査의 報告
技術, 行政情報	價値있는 技術, 行政情報를 간결히 解説하고, comment를 붙인다.
見 聞 記	國際會義의 報告, 國內外의 研究 幾關의 見學記 등
書 評	
談 話 室	會員相互의 情報交換, 會員 自由스러운 말, 隨霜 등
Group 紹介	企業, 研究幾關, 大學 등의 紹介
研究論文	Original 研究論文으로 本 學會의 會誌에 揭載하는 것이 適當하다고 보여지는 것

수시로 원고를 접수하오니 많은 투고를 바랍니다.